



Estimation et décomposition de l'efficacité économique des zones irriguées pour mieux gérer les inefficacités existantes

Lassaâd Albouchi, Mohamed Salah Bachta, Florence Jacquet

► To cite this version:

Lassaâd Albouchi, Mohamed Salah Bachta, Florence Jacquet. Estimation et décomposition de l'efficacité économique des zones irriguées pour mieux gérer les inefficacités existantes. Les instruments économiques et la modernisation des périmètres irrigués, 2005, Kairouan, Tunisie. 19 p. cirad-00193606

HAL Id: cirad-00193606

<http://hal.cirad.fr/cirad-00193606>

Submitted on 4 Dec 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Estimation et décomposition de l'efficacité économique des zones irriguées pour mieux gérer les inefficacités existantes

ALBOUCHI Lassaâd¹, BACHTA Mohamed Salah¹, JACQUET Florence²

¹ Institut national agronomique de Tunis

albouchi@hotmail.com

² Institut agronomique méditerranéen de Montpellier

Résumé

Dans le nouveau contexte de raréfaction de la ressource en eau et l'ouverture de l'économie tunisienne la problématique de l'eau en Tunisie est de plus en plus une question de répartition de la ressource entre usagers et zones qui valorisent différemment l'eau. Ainsi, afin d'assurer une meilleure valorisation globale de la ressource les considérations économiques s'imposent. Dans ce cadre, nous étudions le niveau de performance des zones irriguées au sein du bassin versant de Merguellil en Tunisie centrale. En adoptant une approche paramétrique, les niveaux d'efficacité économique ont été estimés et décomposés en efficacité allocative et technique à partir d'une frontière stochastique de production. Des données de panel ont été utilisées. L'analyse correspond à la période 1994-2003. Les résultats empiriques montrent qu'il existe un différentiel d'efficacité entre les zones étudiées. En effet, les marges de manœuvre en terme d'amélioration de la production et du profit à l'échelle du bassin sont donc importantes. Pour un niveau donné de production, il est possible d'accroître le profit global d'environ 11 millions de dinars et d'améliorer la valorisation de l'eau par rapport à la situation observée de 53% en éliminant les inefficacités existantes. Dans cet objectif, l'examen des déterminants de l'efficacité économique montre que l'accès aux crédits et l'économie de l'eau affectent celle-ci positivement alors que le poids des petites exploitations et le taux de diversification sont corrélés négativement avec le niveau d'efficacité. Ainsi, une politique foncière d'attribution des titres de propriété aux agriculteurs pour accéder aux crédits pourrait améliorer le niveau global de l'efficacité économique. Soit, une augmentation du profit global d'environ un million de dinars et une amélioration de la valeur de l'eau de 0,031 DT/m³.

Mots-clés : Efficacité technique, allocative et économique, frontière de production, déterminants de l'efficacité.

1 Introduction

La Tunisie a atteint un niveau avancé dans la mobilisation des eaux courantes. Si on peut considérer la mobilisation du potentiel exploitable d'eau comme largement terminée, on constate des insuffisances dans la gestion opérationnelle des réserves. Il est de plus en plus difficile, techniquement et économiquement, d'augmenter les sources d'approvisionnement, il convient d'attacher donc une grande importance à l'amélioration de la gestion des sources d'eau existantes. Par conséquent, l'une des préoccupations des décideurs publics est d'obtenir une plus grande productivité de l'eau utilisée dans l'agriculture, principal consommateur de la ressource en eau (plus de 80 %), ce qui nécessite une approche combinant l'obtention d'un plus haut rendement et l'utilisation d'un volume d'eau plus réduit.

Dans ce contexte, la problématique de l'eau en Tunisie repose aujourd'hui sur la répartition de la ressource entre les usagers et les zones, selon des critères d'efficacité économique afin de mieux valoriser la ressource en eau. Ainsi, les possibilités d'accroître la productivité de la ressource en eau permettent de comprendre l'existence d'inefficacité économique au sein du secteur irrigué. La notion d'inefficacité est précisée par référence à son contraire, l'efficacité, telle qu'elle est entendue dans la théorie économique depuis Pareto. La mesure de ces inefficacités permet de caractériser les améliorations qui pourraient être apportées, soit en produisant plus avec le même niveau de facteurs, soit en produisant autant avec moins d'intrants.

Le bassin versant de Merguellil, fermé par le barrage d'El Haouareb et la partie de la nappe de Kairouan sous influence du barrage, représente les mêmes éléments de problématique générale que la Tunisie dans son ensemble : rareté de la ressource, usagers concurrentiels, dominance des exploitations familiale et importance du secteur agricole dans l'économie régionale. La partie aval du barrage, considérée comme un secteur homogène, couvre une superficie de 35 532 ha, la partie amont du barrage, qui couvre 117 374 ha, est répartie sur six secteurs administratifs.

Depuis longtemps, bien avant la création du barrage, l'approvisionnement en eau de la plaine a été prioritaire étant donné qu'elle valorise mieux la ressource en eau. Mais, actuellement, pour des objectifs environnementaux et sociaux, l'Etat encourage l'aménagement de la zone amont. Ces aménagements perturbent l'écoulement de l'eau et modifient donc l'allocation de la ressource entre l'amont et l'aval du barrage El Houareb au sein du bassin versant. Ce travail porte sur l'élaboration d'une réflexion méthodologique pour l'évaluation des niveaux de performance technique et économique des sous bassins et l'identification des scénarios d'amélioration possible. Pour cela, il faut caractériser le différentiel d'efficacité existant entre ces sous bassins et expliquer les niveaux de performance obtenus par des facteurs utilisables par la suite comme des leviers de croissance par les pouvoirs publics.

L'obtention d'une efficacité de l'économie dans son ensemble passe par la résorption des inefficacités des exploitations ou des secteurs. Il est improbable que toutes les exploitations opèrent à l'optimum (potentiel). Le niveau d'efficacité d'une exploitation mesure donc l'écart par rapport à cet optimum. En effet pour le cas de l'efficacité technique, l'ensemble des optimums techniques constitue la frontière de production. Les exploitations qui se situent sur cette frontière sont jugées efficaces et leur niveau d'efficacité technique est égal à 1. Dans ce sens, la mesure de l'efficacité permet de positionner l'exploitation par rapport à cette frontière. L'objet du présent travail est de mesurer l'efficacité technique, de déterminer l'efficacité économique et de déduire l'efficacité allocative des zones irriguées au sein du bassin versant du Merguellil à partir d'une frontière de production et des fonctions de demande des facteurs. Les niveaux d'efficacité ainsi obtenus ont été expliqués par certains facteurs socioéconomiques. Sur la base de ce résultat, des scénarios d'amélioration du niveau d'efficacité des zones étudiées ont été identifiés et simulés. La méthodologie adoptée, de type paramétrique, consiste à estimer en premier lieu le niveau d'efficacité technique à partir d'une fonction de production de type Cobb-Douglas et de déduire l'efficacité économique à partir d'une fonction du coût déduite analytiquement de la fonction de production. La décomposition en efficacité technique et efficacité allocative peut aider les pouvoirs publics à choisir les actions les plus efficaces susceptibles d'améliorer les performances des zones irriguées. En effet, à partir de l'identification des inefficacités, les mesures d'interventions peuvent être de type technique et/ou correctives des prix.

Nous examinons également les déterminants de l'efficacité en utilisant un modèle Tobit pour expliquer les niveaux des efficacités technique, allocative et économique par certaines variables socio-économiques, dites déterminantes du niveau d'efficacité.

La première partie expose le concept d'efficacité et les méthodes d'estimation. Dans la deuxième partie nous représentons la zone d'étude, les données et les méthodes. Les résultats sont discutés dans la troisième partie. Nous concluons sur les implications de l'étude pour la politique publique.

2 Concepts et méthodes d'évaluation de l'efficacité

2.1 Concepts d'efficacité

La mesure de l'efficacité est apparue dans les travaux de Koopmans (1951) relatifs à l'analyse de la production et de Debreu (1951) qui a introduit le coefficient d'utilisation des ressources. En 1957, Farrell a établi que l'efficacité de la firme peut être empiriquement calculée et propose, pour la première fois, une méthode radiale d'estimation des frontières d'efficacité à partir de l'observation de situations réelles de production.

Farrell définit l'efficacité en dissociant ce qui est d'origine technique de ce qui est dû à un mauvais choix, en terme de combinaison des intrants (des produits), par rapport au prix des intrants (produits). Selon Farrell, l'efficacité technique mesure la manière dont une firme choisit les quantités d'inputs qui entrent dans le processus de production, quand les proportions d'utilisation des facteurs sont données

(figure 1). L'efficacité prix ou efficacité allocative évalue la façon dont la firme choisit les proportions des différents inputs par rapport aux prix du marché, supposé concurrentiel. Théoriquement, un processus de production est dit allocativement efficace si le taux marginal de substitution entre chaque paire de facteurs est égal à la proportion du prix de ces derniers. L'efficacité économique est déterminée par la combinaison de l'efficacité technique et de l'efficacité prix (figure 2).

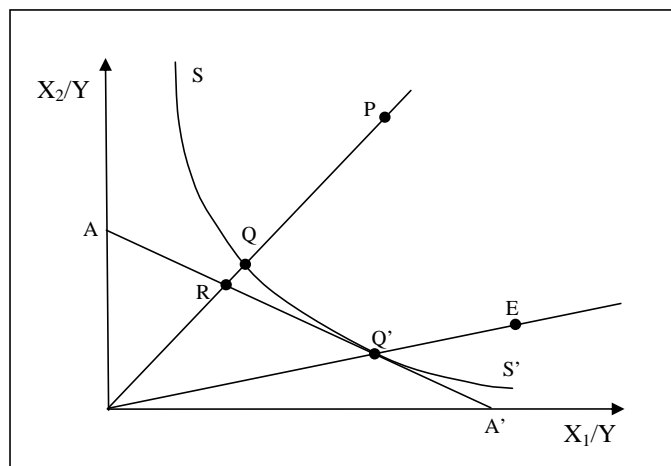
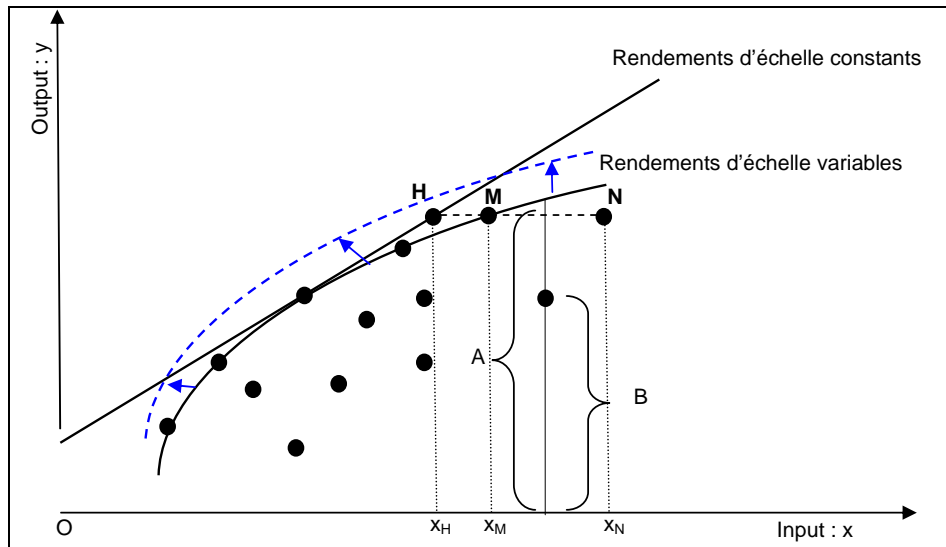


Figure 1. Représentation graphique de l'efficacité technique et de l'efficacité allocative : cas de deux inputs et d'un output (Farrell 1957).

L'isoquant SS' représente la frontière de production. Elle délimite, à sa droite, l'ensemble des combinaisons d'inputs techniquement faisables. Selon Farrell, l'efficacité technique de l'exploitation au point P est donnée par le rapport OQ/OP . L'efficacité technique est donc comprise entre 0 et 1. Tous les points situés sur la frontière de production sont techniquement efficaces et ont une efficacité technique égale à 1. Théoriquement, pour être allocativement efficaces, les firmes doivent égaliser leur taux marginal de substitution technique entre les deux inputs avec le rapport des prix des inputs déterminés par le marché. La droite (AA') représente graphiquement ce rapport des prix. Le point Q correspond à la projection radiale de celui de P sur la frontière. Ceci assure qu'il possède les mêmes proportions d'input que P . En effet, Farrell mesure géométriquement l'efficacité allocative par le rapport OR/OQ . De même, l'efficacité allocative est comprise entre 0 et 1. Tous les points situés sur l'isocoût (AA') sont allocativement efficaces mais ne sont pas tous faisables. Selon Farrell, l'efficacité économique correspond à l'efficacité technique et à l'efficacité allocative réunies. Elle est obtenue au point Q' . L'efficacité économique au point P est égale au produit $TE \cdot AE = OQ/OP \cdot OR/OQ = OR/OP$. En conséquence, le point P n'est ni techniquement ni allocativement efficace. Le point Q , bien qu'il soit techniquement efficace, est allocativement inefficace. Les points P et Q ont la même inefficacité allocative car ils utilisent leurs inputs dans les mêmes proportions. Le point E est allocativement efficace mais techniquement inefficace. Enfin, les points situés sur la droite OE sont tous allocativement efficaces mais seul le point Q' est techniquement efficace et il est aussi économiquement efficace.

Pour un rendement d'échelle variable, du côté output, l'efficacité technique est égale au rapport B/A (figure 2). L'efficacité technique peut être décomposée en efficacité technique pure et en efficacité d'échelle (Murillo-Zamorano, 2004). L'exploitation N (figure 2) est techniquement inefficace étant donné qu'il est possible de produire la même quantité d'output avec moins d'intrant. L'efficacité technique pure correspond au rapport XM/XN et l'efficacité d'échelle est égale à XH/XM . Le produit de ces deux efficacités correspond à l'efficacité technique totale au point N , soit XH/XN .

L'efficacité d'échelle caractérise l'écart existant entre les performances constatées et celles qui seraient obtenues dans une situation de rendements d'échelle constants. Le rendement d'échelle constant correspond à un équilibre concurrentiel de long terme où le profit est nul. A long terme, tous les facteurs de production peuvent être ajustés par le producteur pour réduire son inefficacité.



Le progrès technique mesure le passage d'une frontière de production à une autre. L'effet du progrès technique correspond au déplacement de la courbe (frontière) vers le haut (soit la courbe en trait discontinu sur la figure 2). Dans cette étude, nous travaillons sur une seule frontière et, par hypothèse, nous considérons comme négligeable l'effet du progrès technique sur la période d'étude (dix années).

La maximisation de profit exige qu'une exploitation produise le maximum pour un certain niveau d'intrants - donc qu'elle soit techniquement efficace -, qu'elle emploie une bonne combinaison d'intrants sur la base du prix relatif de chaque intrant - qu'elle soit allocativement efficace en terme d'utilisation des intrants - et qu'elle produise la bonne combinaison des outputs compte tenu de leur prix - qu'elle soit allocativement efficace en terme du choix des produits (Kumbhakar et Lovell, 2000).

Le manque d'efficacité est surtout attribué au manque de concurrence qui fait que les exploitations peuvent se permettre d'opérer en dessous de leur frontière si elles sont protégées sur le marché (Bachta et Chebil, 2002). L'asymétrie de l'information ou l'accès à l'information sur les prix de marché des facteurs et des produits peut expliquer l'inefficacité allocative des producteurs.

La mesure de l'efficacité technique (économique) d'une exploitation ou d'un secteur commence par l'estimation de sa frontière de production (coût ou profit). Les méthodes d'estimation des frontières et de l'efficacité sont multiples.

2.2 Méthodes d'estimation de l'efficacité

Les méthodes d'estimation de la frontière peuvent être classées selon la forme prévue de la frontière, selon la technique d'estimation utilisée pour l'obtenir, et selon la nature et les propriétés supposées de l'écart entre la production observée et la production optimale. Le classement en fonction de la forme de la frontière permet de distinguer les approches paramétriques et les approches non paramétriques. L'approche paramétrique présente une fonction comportant des paramètres explicites (Cobb-Douglas, CES, translog,...). Les frontières non paramétriques ont la particularité de n'imposer aucune forme préétablie à la frontière. Il s'agit des méthodes descriptives des frontières non paramétriques qui utilisent comme support la programmation linéaire ou la programmation quadratique.

La nature des écarts entre la production observée et la production maximale différencie les frontières stochastiques des frontières déterministes. En effet, si l'on suppose que les écarts sont expliqués uniquement par l'inefficacité du producteur, on qualifie la frontière de nature déterministe ; si par contre on estime que les écarts sont expliqués à la fois par l'inefficacité du producteur et par des éléments aléatoires qui ne dépendent pas du producteur, on dit que la frontière est de nature stochastique.

En résumé, l'efficacité d'une exploitation ou d'un secteur peut être mesurée par des méthodes paramétriques ou non paramétriques qui diffèrent essentiellement par les hypothèses concernant les résidus. Une frontière de production, de coût ou de profit sera dite paramétrique, si l'on impose une forme fonctionnelle (Cobb-Douglas, Translog,...) déterministe, si l'on suppose que les écarts entre la fonction estimée et les observations réelles correspondent exclusivement à des inefficacités productives et stochastique, et si la frontière intègre un terme d'erreur aléatoire. Les approches paramétriques imposent une forme fonctionnelle qui présuppose la forme de la frontière, alors que les approches non paramétriques imposent moins de structure à la frontière mais supposent l'absence d'erreurs aléatoires. Chaffai (1997) présente une synthèse des méthodes couramment utilisées pour l'estimation de l'efficacité.

Etant donné le caractère aléatoire de la production sur le bassin versant de Merguellil, lié à la nature du climat et aux fluctuations de prix des produits agricoles, le choix de la méthode paramétrique stochastique pour estimer l'efficacité technique nous paraît justifié. La méthode des frontières stochastiques développée par Aigner *et al.* (1977) et par Meeusen et van den Broek (1977) décompose l'erreur de la fonction étudiée en deux termes indépendants. Le premier représente les effets aléatoires et les erreurs de mesure, il est distribué de part et d'autre de la frontière de production. Le second terme qui représente le degré d'inefficacité productive est distribué d'un seul côté de la frontière de production. Par hypothèse, le terme d'erreur aléatoire suit une distribution normale symétrique, tandis que le terme d'efficacité suit une distribution asymétrique définie positivement pour une fonction de coût et négativement pour une fonction de production et de profit. Les principales caractéristiques de la frontière stochastique sont illustrées dans la figure 3.

Les études sur l'efficacité ont le mérite d'indiquer le niveau de performance des secteurs et de déterminer les plans de production optimale. Il est aussi possible de déterminer les facteurs qui expliquent le niveau d'efficacité des producteurs. La connaissance de ces facteurs permet d'améliorer la performance des producteurs à travers des recommandations de politiques publiques.

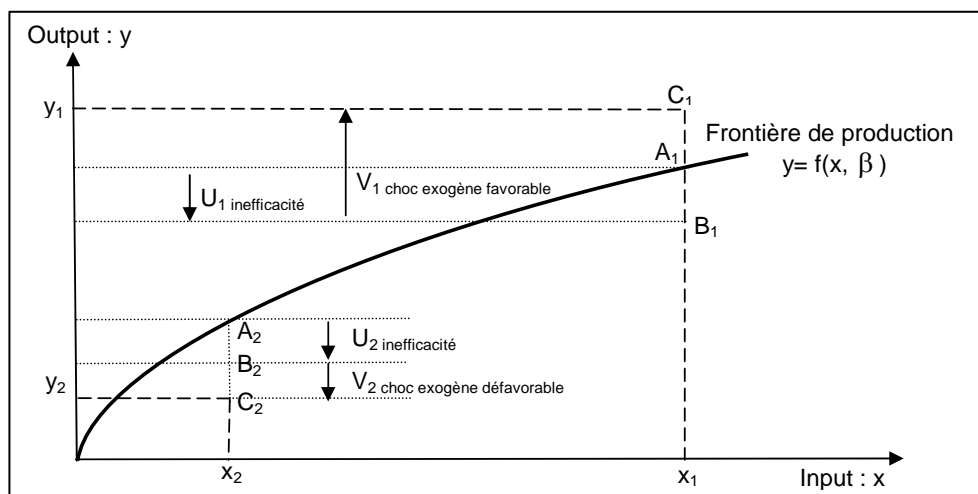


Figure 3. Frontière de production stochastique, décomposition du terme d'erreur : cas de deux observations : C1 et C2. (LEVEQUE et ROY, 2004).

L'observation C1 représente une exploitation dont l'inefficacité (u_1) est compensée par les effets d'un choc exogène favorable (v_1). Par contre, l'observation C2 représente une exploitation dont l'inefficacité (u_2) est aggravée par un choc exogène défavorable (v_2).

2.3 Déterminants de l'efficacité

La mesure de l'efficacité permet d'identifier les gains potentiels de profit dans le secteur étudié. L'inefficacité résultante peut être expliquée par certains facteurs tels que la taille de l'exploitation, l'âge et l'éducation du chef de l'exploitation, etc., plutôt que par l'irrationalité des producteurs. D'un point de

vue politique, il est intéressant de rechercher les sources de l'inefficacité et d'identifier les déterminants. Les pouvoirs publics peuvent agir sur les déterminants ainsi identifiés pour améliorer l'efficacité globale tout en réduisant l'écart entre les zones. La première question habituellement posée est comment expliquer le différentiel d'efficacité aperçu entre les exploitations et/ou entre les secteurs ?

La méthode la plus utilisée pour expliquer les inefficacités procède en deux étapes : d'abord les inefficacités sont estimées à partir d'une frontière paramétrique ou non paramétrique, puis une régression des scores d'efficacité est effectuée sur les variables déterminants. En général, cela suppose que les variables expliquant l'inefficacité sont celles que l'exploitant ne contrôle pas dans le processus de production. Cette hypothèse est introduite pour éviter le biais inclus dans la première étape, selon lequel le niveau d'efficacité est indépendant de ces variables alors que dans la deuxième étape ils sont considérés comme dépendants. L'avantage de cette méthode est qu'en cas d'erreur de spécification dans la deuxième étape, le biais affecte uniquement les coefficients estimés des déterminants et non les coefficients de la frontière. Cette méthode peut être utilisée pour l'approche non paramétrique comme pour l'approche paramétrique. La régression, effectuée lors de la deuxième étape, peut suivre la méthode de MCO ou un modèle Tobit pour tenir compte du caractère tronqué (entre 0 et 1) de la variable dépendante (efficacité).

3 Méthode et données de travail

3.1 Présentation de la zone

L'étude porte sur le bassin versant du Merguellil fermé par le barrage d'El Haouareb et la partie de la nappe de Kairouan sous influence du barrage. En effet, le bassin versant de Merguellil représente les mêmes éléments de problématique générale que la Tunisie dans son ensemble. Il contient divers aménagements, et on y trouve une concurrence entre l'amont et l'aval, une compétition entre des usages locaux divers et des transferts vers d'autres bassins. La partie aval du barrage El Haouareb couvre une superficie de 35 532 ha ; alors que la zone amont couvre une superficie de 117 374 ha.

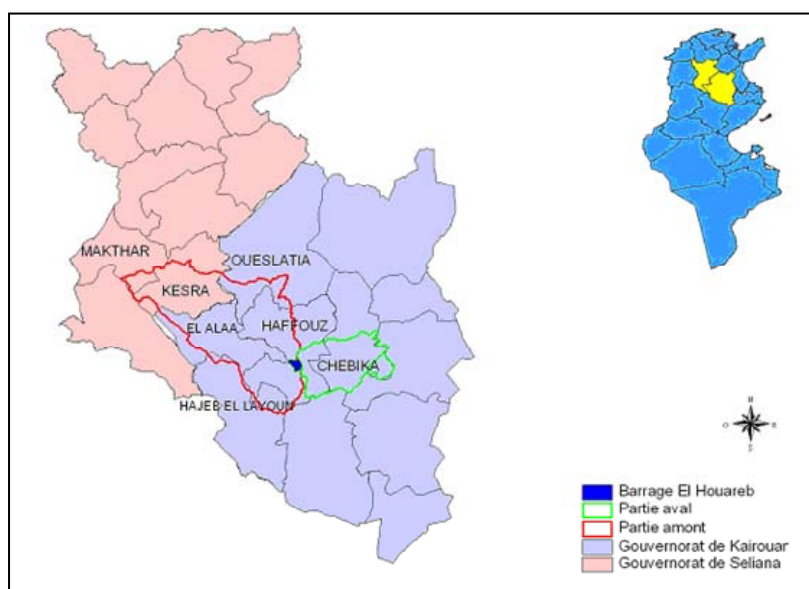


Figure 4. Localisation et limites administratives du bassin versant de Merguellil.

Le bassin s'étale sur deux gouvernorats, celui de Kairouan, représenté par les cinq délégations de Chbika, Haffouz, El Alaa, Oueslatia et Hajeb El Layoun et celui de Siliana représenté par les deux délégations de Makthar et de Kesra (tableau 1).

Tableau 1. Répartition des superficies des différentes délégations du bassin de Merguellil.

Délégations	Superficie totale (ha)	Superficie sur Merguellil		Superficie sur le bassin de Merguellil (%)
		Amont du barrage El Houareb (ha)	Aval du barrage El Houareb (ha)	
El Ala	37 646	30 866	0	82
Haffouz	60 739	35 464	8 792	73
Kesra	43 371	28 143	0	65
Chbika	48 734	0	26 740	55
Hajeb El Layoun	60 789	7 704	0	13
Oueslatia	91 364	11 601	0	13
Makthar	35 462	3 595	0	10
Total	378 105	117 374	35 532	40

Les systèmes de production sont caractérisés par la dominance des céréalicultures, de l'arboriculture et l'élevage (à dominance ovin et caprin) avec une extension du maraîchage à la suite du développement de l'irrigation en particulier sur le secteur de Chbika (tableau 2, annexes).

Tableau 2. Part des principales productions par secteur (%) sur la période 1994-200.

Activités	Chbika	Haffouz	El Ala	Hajeb	Oueslatia	Kesra	Makthar
Céréales	13	5	7	22	25	29	14
Maraîchage	58	31	2	7	3	1	6
Arboriculture	16	28	44	23	15	9	6
Elevage	13	36	46	48	58	61	74

La consommation en eau dans le bassin de Merguellil est passée de 19 millions en 1994 à 43 millions de m³ en 2003, soit une augmentation de 126 % (annexe), ce qui montre le degré de pression sur la ressource.

3.2 Données utilisées

Cette étude fait partie du projet MERGUSIE, (Merguellil Ressources Gestion Usage Intégrés de l'Eau). Nous disposons d'une base de données élaborée à partir de plusieurs enquêtes et passages sur terrain auprès des administrations locales (CDRA, CTV et CRA) des 7 délégations du bassin versant de Merguellil et complétée par des entretiens avec des agriculteurs pour valider les informations en particulier en terme des rendements et des fiches technico-économiques des cultures. Les données collectées concernent l'occupation du sol, l'effectif du cheptel par espèce, les techniques de production, la commercialisation, les prix des facteurs et des produits et les caractéristiques socio-économiques des exploitations par délégation sur la période 1994-2003. Nous avons étudié également les caractéristiques démographiques, économiques, sociales, environnementales et les changements dans l'infrastructure de base et les techniques de production durant cette période à partir des recherches bibliographiques auprès du ministère de l'Agriculture, de l'Institut national des statistiques et des rapports annuels des CRDA de Kairouan et de Siliana.

3.3 Méthode de travail

3.3.1 Estimation des scores d'efficacité technique

L'efficacité de chaque exploitation en termes de profit, *profit efficiency*, peut être estimée à partir des modèles de frontière utilisés pour mesurer l'efficacité technique des entreprises (Ali et Flinn, 1989).

En utilisant l'approche paramétrique pour la détermination des scores d'efficacité technique, nous avons estimé une fonction de production stochastique de type Cobb-Douglas à l'aide du programme FRONTIER 4.1 (Coelli 1996). Les paramètres de la frontière de production stochastique sont estimés

par la méthode du maximum de vraisemblance. Après initialisation de la fonction par la méthode des moindres carrés ordinaires, le programme procède à des itérations.

Le modèle est le suivant :

$$\ln(Y_{zt}) = \ln(a) + \beta_1 \ln(CI_{zt}) + \beta_2 \ln(Tra_{zt}) + \beta_3 \ln(Méc_{zt}) + \beta_4 \ln(Cap_{zt}) + \beta_5 \ln(Ter_{zt}) + \varepsilon_{zt} \quad (1)$$

Avec

Y_{zt} : production de la zone z au cours de l'année t

Les intrants utilisés dans le processus de production sont classés en cinq catégories :

CI : les consommations intermédiaires (semences, engrais, eau d'irrigation, produits de traitements, concentrés ou aliments du bétail) ;

Tra : le travail, il regroupe travail familial et occasionnel ;

Méc : la mécanisation (charges du labour, de récolte et du transport) ;

Cap : le capital ;

Ter : la terre.

$\varepsilon_{zt} = v_{zt} - u_{zt}$, v_{zt} : terme d'erreur aléatoire

u_{zt} : terme d'erreur qui traduit l'inefficacité productive par zone et par année

$$u_{zt} = u_z \exp(-\eta(t-T))$$

Le maximum de vraisemblance de l'équation (1) donne des estimations des coefficients β et des paramètres $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ et $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2}$, γ est la part de la variance de u dans la variance total, $0 < \gamma < 1$.

L'efficacité technique moyenne est définie par : $TE_t = E[\exp(-\eta^t u_i)]$

Avec

$$\eta^t = \exp[-\eta(t-T)]$$

η : paramètre à estimer qui indique la variation de l'efficacité dans le temps dans le cas des données de panel et des séries temporelles.

Etant donné le caractère aléatoire de la production agricole, le choix de la méthode stochastique pour mesurer le niveau d'efficacité des sous-bassins étudiés paraît justifié. Le choix de la forme fonctionnelle Cobb-Douglas pour représenter la fonction de production, s'explique par le fait que cette fonction admet son propre dual, propriété qui nous permet, par la suite, d'obtenir la fonction de coût minimum nécessaire à la détermination des scores d'efficacité économique et allocative. Une frontière stochastique de coût dual (exprimée en fonction de prix des intrants et du niveau de production) au cours de la période 1994-2003 sera déduite analytiquement à partir de l'équation 1 selon les travaux de Schmidt et Lovell (1979).

3.3.2 Estimation des scores d'efficacité économique et allocative

Nous déterminons l'efficacité économique et allocative à partir de l'estimation d'un système d'équations composé d'une fonction de production et des conditions de premier ordre de la minimisation du coût de production, méthode développée d'abord par Schmidt et Lovell (1979).

Partant de la fonction de production de type Cobb-Douglas :

$$Y = f(X_1, \dots, X_5, \beta) = A X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} X_4^{\beta_4} X_5^{\beta_5} \quad (2)$$

Les X_i sont les quantités des facteurs de production avec $i = 1, \dots, 5$.

Pour un vecteur de prix des facteurs, le coût de production correspondant est donné par l'équation suivante: $C = \sum_{i=1}^5 P_i X_i$ (3)

Nous associons des prix (P_i) aux intrants mentionnés dans la fonction de production (Eq.2). Nous supposons que tous les facteurs sont variables et ont des prix sur le marché. Les prix des consommations intermédiaires et de la mécanisation par secteur correspondent aux prix agrégés. Les prix des trois autres facteurs (capital, travail familial, terre) correspondent à des coûts d'opportunité. La main-d'œuvre familiale disponible sur une exploitation peut être utilisée sur une autre ou le recours à la main-d'œuvre occasionnelle sur la même exploitation est évité. Pour cela, nous affectons un prix à la main-d'œuvre familiale qui est au moins égal au salaire agricole. Dans notre analyse, la rémunération du travail familial est supérieure à celle du travail occasionnel et correspond à 120 % du salaire agricole, le prix du travail occasionnel étant égal au salaire agricole. Généralement, sur leur propre exploitation, les exploitants font le travail le plus pénible et travaillent plus de huit heures par jour.

Dans la même logique, le prix de la terre correspond au loyer pratiqué dans chaque secteur. Il est évident que ce loyer dépend des potentialités du secteur en question. Le prix du capital correspond au coût de son usage. Théoriquement, le coût d'usage du capital est égal au taux d'amortissement plus le taux d'intérêt, mais, comme il est difficile de calculer l'amortissement par secteur, nous avons pris en considération uniquement le taux d'intérêt dans le calcul du prix du capital.

Nous supposons qu'à l'échelle des secteurs étudiés, les producteurs sont rationnels. Ils cherchent donc à minimiser leur coût de production. La minimisation du coût dans les secteurs de Merguellil est considérée comme un problème d'optimisation sous contrainte :

$$\begin{aligned} \text{Min } C &= \sum_{i=1}^5 P_i X_i \\ \text{s/c } Y &= f(X_1, \dots, X_5, \beta) \\ X_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Le Lagrangien de ce problème d'optimisation est le suivant :

$$L = \sum_{i=1}^5 P_i X_i + \lambda [Y - f(X_1, \dots, X_5, \beta)] \quad (4)$$

Avec λ est le multiplicateur de lagrangien. Dans cet exemple, λ correspond au coût marginal de production d'output Y , ($\lambda = \frac{\partial L}{\partial Y}$). D'où, les conditions du premier ordre sont :

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial X_1} &= P_1 - \lambda f_1(X_1, \dots, X_5, \beta) = 0 \\ &\vdots \\ \frac{\partial L}{\partial X_5} &= P_5 - \lambda f_5(X_1, \dots, X_5, \beta) = 0 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} (5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = Y - f(X_1, \dots, X_5, \beta) = 0 \quad (6)$$

Où f_i est la première dérivée partielle de la fonction de production par rapport à la i^{e} input. Il s'agit de la production marginale du i^{e} facteur avec $i = 1, \dots, 5$.

En supposant que les conditions de deuxième ordre sont satisfaites, nous pouvons résoudre la fonction du coût dual à partir de la fonction de la production (Eq.2) d'une manière séquentielle. Pour dériver la fonction du coût dual de cette fonction de production de type Cobb-Douglas, il suffit de substituer l'équation (2) dans l'équation (4) et d'écrire les conditions de premier ordre correspondantes dans le

système d'équation (5) et (6). Après un simple calcul, nous obtenons l'équation de demande d'intrant suivante :

$$x_i = \lambda Y \beta_i / P_i \quad (7)$$

Considérons les ratios des quantités demandées d'intrants, soit x_j/x_1 , ($j = 2, 3, 4, 5$) afin d'éliminer les variables λ et Y . Après résolution de ces ratios, nous pouvons déduire les équations x_2 , x_3 , x_4 et x_5 , et les substituer dans l'équation (2). Nous obtenons ainsi x_1 comme une fonction de Y , A , β_1 et P_i . Cela donne la demande dérivée x_1 comme une fonction du niveau de production Y , des paramètres de la fonction de production Cobb-Douglas et les prix des facteurs de production. Maintenant il suffit de répéter la même procédure pour obtenir les demandes dérivées x_2 , x_3 , x_4 et x_5 . En remplaçant les variables x_i dans la fonction du coût (Eq.3), nous obtenons la fonction du coût dual.

Ce qui donne, après calculs algébriques, l'expression suivante :

$$C = K Y^{*1/r} P_1^{\beta_1/r} P_2^{\beta_2/r} P_3^{\beta_3/r} P_4^{\beta_4/r} P_5^{\beta_5/r} \quad (8)$$

$$\text{où } r = \sum_{i=1}^5 \beta_i \text{ et } K = r^* [A^* \beta_1^{\beta_1} \beta_2^{\beta_2} \beta_3^{\beta_3} \beta_4^{\beta_4} \beta_5^{\beta_5}]^{-1/r}$$

Avec

r : rendement d'échelle

$Y_{zt}^* = Y_{zt} - v_{zt}$ est défini comme la production observée du secteur z , au cours de l'année t , ajustée par le terme d'erreur aléatoire, d'après Bravo-Ureta et Rieger (1991).

Sous forme linéaire, la fonction du coût dual au niveau du bassin versant de Merguellil est :

$$\ln C_{zt} = K + 1/r \ln(Y_{zt}^*) + \alpha_1 \ln(P1_{zt}) + \alpha_2 \ln(P2_{zt}) + \alpha_3 \ln(P3_{zt}) + \alpha_4 \ln(P4_{zt}) + \alpha_5 \ln(P5_{zt}) \quad (9)$$

avec $\alpha_i = \frac{\beta_i}{r}$; $z = 1, \dots, 7$ (les secteurs au sein du bassin versant de Merguellil) et $t = 1, \dots, 10$.

Les coefficients K , r , α_1 , α_2 , α_3 , α_4 et α_5 sont des paramètres obtenus analytiquement en minimisant la fonction de coût sous la contrainte du niveau de production atteint. Signalons que s'il s'agit d'une fonction de production de forme complexe, il est impossible de résoudre la fonction du coût dual analytiquement, d'où l'avantage de la forme fonctionnelle Cobb-Douglas pour représenter la fonction de production.

L'application du Lemme de Shephard à l'équation (3) nous permet de dériver les équations de demande des inputs au niveau du coût minimum (X_{dizt}) à partir desquelles nous obtenons les quantités d'inputs économiquement efficaces. Selon le Lemme de Shephard, avec l'hypothèse comportementale de la minimisation du coût, les fonctions de demande d'inputs sont simplement les dérivées de la fonction de coût dual par rapport au prix de l'input en question :

$$\ln X_{dizt} = \ln(K_i) + 1/r \ln(Y_{zt}^*) + \ln \left[\prod_{j=1}^5 P_{jzt}^{\alpha_j} / P_{izt} \right] \quad (10)$$

Avec $i = 1 \dots 5$.

L'équation (10) représente la fonction de demande d'input contrainte par le niveau d'output. Il s'agit, dans la théorie du consommateur, de l'équation de demande compensée, ou Hicksienne. Cette équation est utilisée pour dériver la frontière du coût. La frontière du coût permet d'obtenir les équations de la demande du facteur du coût minimum ; ensuite, ces équations servent à calculer la quantité des facteurs économiquement efficaces (X_{iezt}). En substituant les expressions des x_i dans la fonction objectif (minimisation de coût), on obtient la fonction de coût dual, qui exprime le coût total en fonction des prix de l'input et du niveau de l'output.

Pour un niveau de production donné, l'efficacité économique est par définition le rapport entre le coût minimum et le coût observé. L'efficacité économique s'exprime donc ainsi :

$$EE_{zt} = \frac{\sum_{i=1}^5 X_{iezt} * P_{izt}}{\sum_{i=1}^5 X_{izt} * P_{izt}}$$

Enfin, comme d'après Farrell, l'efficacité allocative sera déduite à partir de l'équation suivante :

$$EA_{zt} = EE_{zt}/ET_{zt}$$

L'estimation du modèle présenté et la détermination des scores d'efficacité économique et allocative a été faite à l'aide du logiciel Shazam.

3.3.3 Analyse des déterminants de l'efficacité

Le choix des déterminants de l'efficacité dépend de l'échelle d'analyse et de l'objectif de l'étude. Les facteurs explicatifs du niveau d'efficacité des exploitations individuelles peuvent être l'âge de l'exploitant, la taille de l'exploitation, le niveau d'éducation de l'exploitant, l'éloignement du marché, le mode de faire valoir, l'expérience en irrigation... Cependant, à l'échelle régionale et avec des données de panel dans le cas de notre étude, l'effet de ces variables sur l'efficacité ne sera pas significatif car on doit utiliser des variables moyennes régionales plutôt que des variables individuelles. Ainsi, on peut prendre comme déterminants du niveau de l'efficacité les variables d'action dans les projets de développement rural intégré : les infrastructures (nombre ou longueur des pistes agricoles, distances à la route principale et aux grandes villes), la population rurale et urbaine (importance des agglomérations), les centres de collecte des céréales, le nombre de marchés (souk), le degré d'intégration au marché, le nombre d'écoles (niveau d'éducation), le nombre de centres de formation agricole (taux d'encadrement). L'inconvénient de ces actions est que leurs effets ne sont pas ressentis immédiatement à l'échelle locale, par exemple, l'impact de la création des écoles et des centres de formation à l'échelle régionale se manifeste après plusieurs générations.

Dans notre analyse, nous supposons que les facteurs qui affectent le niveau d'efficacité technique, allocative et économique des secteurs sont les suivants : adoption des techniques d'irrigation économes en eau, spécialisation, accès aux crédits, intégration au marché, disponibilité fourragère, poids des petites exploitations et taux d'encadrement. Les effets de ces facteurs sur les niveaux d'efficacité ont été estimés par la méthode de régression Tobit en utilisant le logiciel Shazam, qui présente deux avantages, sa facilité de manipulation et la prise en compte du caractère tronqué des scores d'efficacité qui prennent des valeurs comprises entre 0 et 1. Le modèle obtenu est le suivant :

$$EFF_i = f_i (Eeau, Spéc, Acré, Inma, Dfou, Tenc, Tail) \quad i = ET, EA, EE$$

Avec

ET : le niveau d'efficacité technique

EA : le niveau d'efficacité allocative

EE : le niveau d'efficacité économique.

Les variables explicatives du niveau d'efficacité sont :

- Eeau, variable correspondant à la part de la superficie équipée en matériel d'économie d'eau dans la superficie totale irriguée ;
- Spéc, diversification calculée en utilisant l'indice de Herfindahl défini par la somme des carrés des parts de terre pour chaque type d'activité par zone. Pour un secteur donné, plus ce coefficient est faible plus le système de production est diversifié. Il est égal à 1 dans le cas de monoculture ou de monoactivité sur le secteur en question ;
- Acré, variable désignant le ratio du nombre des agriculteurs ayant accès aux crédits et aux emprunts bancaires par rapport au nombre total des agriculteurs par secteur ;
- Inma, part de la production vendue par rapport à la production totale par secteur ;
- Dfou, disponibilité fourragère qui est une des contraintes majeures dans la région pour l'élevage surtout en année de sécheresse. Pour cela nous supposons que le niveau d'efficacité est influencé par cette variable. Elle peut être exprimée par le taux de charge par surface fourragère, mais les rendements sont différents d'un secteur à un autre. Pour avoir une unité homogène, nous avons converti la disponibilité fourragère en unité fourragère par unité de gros bétail par an (UF/UGB/an) ;

- Tenc, superficie cultivée par vulgarisateur, et
- Tail, effet de la taille représenté par le poids ou le pourcentage des exploitations de petites tailles (inférieure à 10 ha) par rapport au nombre total des exploitations par secteur.

4 Présentation des résultats

Après avoir présenté la méthode d'estimation, nous allons présenter les résultats obtenus par délégation, notre objectif étant de comparer l'efficacité technique et allocative entre les sept délégations à partir des statistiques.

4.1 Frontière de production

La frontière de production est obtenue par la méthode de maximum de vraisemblance en utilisant le programme Frontier 4.1.

$$\ln(Y_{zt}) = 0,165 + 0,078\ln(CI_{zt}) + 0,553\ln(Tra_{zt}) + 0,073\ln(Méc_{zt}) + 0,159\ln(Cap_{zt}) + 0,289\ln(Ter_{zt}) + \varepsilon_{zt}$$

Les résultats de l'estimation sont inscrits dans le tableau 3.

Tableau 3. Estimation des paramètres de la frontière de production stochastique sur les sous bassins de Merguellil entre 1994 et 2003.

Variables explicatives	Coefficients	valeur	t-test
Constante	β_0	0,164	0,247
Consommations intermédiaires	β_1	0,078	0,811
Travail	β_2	0,553*	4,393
Mécanisation	β_3	0,073	0,710
Capital	β_4	0,159***	1,909
Terre	β_5	0,289**	2,065
Sigma carré	σ^2	0,048***	1,924
gamma	γ	0,566**	2,486
êta	η	0,030	0,513

*Significatif à 1 % ; **Significatif à 5 % ; ***Significatif à 10 %.

La valeur de gamma (γ) nous enseigne que l'écart par rapport la frontière est expliqué par l'inefficacité des secteurs à 57 %. L'évaluation de gamma (γ), significativement différente de zéro, indique l'existence des inefficacités productives. Ce résultat signifie que l'écart entre la production observée et la production potentielle des secteurs étudiés est en partie dû à leur inefficacité. La valeur de gamma (γ) peut paraître relativement faible par rapport aux études réalisées en particulier pour la détermination de l'efficacité individuelle des exploitations. En effet, dans notre étude, 43 % des écarts entre la production observée et la production potentielle des secteurs sont liés à des effets aléatoires y compris à des erreurs de mesures, ce qui peut provenir de la nature des données, qui sont des moyennes à l'échelle des secteurs (délégations). Par ailleurs γ est significativement inférieur à 1 ce qui justifie l'importance du terme stochastique v . Plus la valeur de γ se rapproche de 1, plus la différence entre les résultats issus d'une estimation stochastique et ceux d'une estimation déterministe est faible.

Par contre, la valeur de η n'est pas considérablement différente de zéro, ce qui montre que le niveau de l'inefficacité technique n'a pas beaucoup changé au cours des 10 années considérées. Enfin, nous avons retenu la distribution semi-normale pour le terme d'inefficacité (u_i), le paramètre mu (μ) est donc restreint à zéro.

4.2 Frontière de coût

La frontière du coût dual est dérivée, analytiquement, de la frontière de la production stochastique. D'où, la frontière de coût déduite est :

$$\ln C_{zt} = 1,187 + 0,869 \ln(Y_{zt}^*) + 0,067 \ln(P_{1zt}) + 0,48 \ln(P_{2zt}) + 0,064 \ln(P_{3zt}) + 0,138 \ln(P_{4zt}) + 0,251 \ln(P_{5zt})$$

Y_{zt}^* est défini comme la production observée de la ferme ajustée pour le bruit statistique contenu dans V_{zt} .

P_1 , P_2 , P_3 , P_4 et P_5 sont respectivement les prix agrégés des facteurs de productions à savoir : consommations intermédiaires, travail (occasionnel et familial, la main d'œuvre familiale est plus coûteuse étant donné que l'exploitant travaille plus sur sa propre exploitation, soit 120% par rapport à la main d'œuvre occasionnelle), mécanisation, capital (coût d'usage, amortissement plus taux d'intérêt, pour simplifier nous avons considéré uniquement le taux d'intérêt) et terre (valeur de location).

La frontière du coût a permis d'estimer et la décomposition de l'efficacité économique en ses deux composantes.

Tableau 5. Comparaison des scores d'efficacité technique, d'efficacité allocative et d'efficacité économique entre les secteurs (moyenne sur la période 1994-2003)

Secteurs	Efficacité technique (%)	Efficacité allocative (%)	Efficacité économique (%)
Chbika	96,0	67,5	64,8
Haffouz	93,7	66,2	62,0
El Ala	64,2	81,9	52,7
Hajeb	87,7	66,2	58,1
Oueslatia	93,1	56,1	52,3
Kesra	90,9	53,9	49,1
Makthar	95,3	63,7	60,7

Les scores d'efficacité obtenus et figurant dans le tableau 5, nous permettent de conclure que le secteur de Chbika est le plus efficace aussi bien sur le plan technique qu'économique. Ce secteur valorise donc mieux ses ressources productives en particulier la ressource en eau d'irrigation. Cependant le secteur d'El Ala est le moins efficace de point de vue technique, celui de Oueslatia est allocativement le moins efficace et le secteur de Kesra est le moins efficace sur le plan économiquement.

Tableau 6. Possibilité d'abaissement du coût moyen par secteur **Unité 1000 DT**

Secteurs	Coût potentiel	Coût observé	Gains
Chbika	8963	13831	4869
El Ala	3268	5271	2003
Haffouz	2001	3797	1796
Hajeb	977	1681	705
Kesra	1475	2821	1346
Makthar	163	331	169
Oueslatia	838	1380	542
Bassin versant	17684	29113	11429

Les marges de progression du profit (par abaissement du coût) pour un niveau donné de production varient de $0,17 \cdot 10^6$ DT sur le secteur de Makthar à $4,87 \cdot 10^6$ DT sur celui de Chbika. En effet, les scores d'efficacité économique obtenus montrent qu'en évitant ces inefficacités, nous pouvons accroître le profit au niveau du bassin d'environ 11 millions de dinars, soit 50 % du profit actuel (annexe). La valorisation moyenne de l'eau sur le bassin versant au cours de la période d'analyse (1994-2003) augmenterait de 0,362 DT soit 53 % de la valeur actuelle.

Etant donné l'importante marge d'accroissement du profit (à un niveau de production donné en minimisant le coût) par secteur et à l'échelle du bassin versant de Merguellil dans son ensemble, nous procédons à l'identification des déterminants du niveau d'efficacité qui vont servir par la suite comme des leviers de croissance pour des programmes d'amélioration du performance des secteurs. Ces résultats montrent qu'il y a un potentiel non négligeable pour améliorer le niveau d'efficacité économique des secteurs et du bassin versant dans son ensemble. D'où l'intérêt de l'étude et de l'identification des déterminants de l'efficacité des zones étudiées au sein du bassin versant de Merguellil.

4.3 Estimation des déterminants de l'efficacité

Les résultats issus du modèle Tobit concernant l'explication des niveaux d'efficacité technique, économique et allocative des zones irriguées au sein du bassin versant du Merguellil sont représentés dans le tableau 7. Ces résultats concernent l'effet explicatif des facteurs retenus des niveaux d'efficacité et leur significativité.

Tableau 7. Déterminants des scores d'efficacité sur le bassin versant de Merguellil

Déterminants	Efficacité technique		Efficacité allocative		Efficacité économique	
	Coefficients	t-test	coefficients	t-test	coefficients	t-test
Constant	1,7568*	9,5693	0,2654	1,2474	0,8452*	5,0345
Economie d'eau	-0,1422*	-3,0253	0,2236**	2,4276	0,1147***	1,7538
Spécialisation	-0,7443*	-6,9327	0,2822	1,6233	-0,3093**	-2,4481
Accès aux crédits	-0,1433*	-3,8177	0,4554*	5,6753	0,2734*	4,9083
Intégration au marché	-0,2991*	-3,5739	-0,0516	-0,3260	-0,2290**	-1,9876
Disponibilité fourragère	0,0319*	4,0421	-0,0540*	-3,5092	-0,0211**	-1,9699
Taux d'encadrement	-0,4951 10^{-05} **	-1,7223	0,7948 10^{-07}	1,4009	0,8666 10^{-08}	0,2146
Poids des petites tailles	-0,2526*	-6,7753	0,1557**	2,5150	-0,0357	-0,8196
R2	0,95598	-	0,78779	-	0,78025	-
Log likelihood	163	-	117	-	139	-

*Significatif à 1 % ; **Significatif à 5 % ; ***Significatif à 10 %.

Les résultats obtenus mis en évidence l'existence d'une corrélation entre les niveaux d'efficacité et certains facteurs parmi les facteurs retenus. Alors pour le reste des facteurs ou bien leur effet sur les niveaux d'efficacité est négligeable ou qu'il est non significatif. En effet, nous avons classé les résultats en six catégories.

4.3.1 Effet de l'économie d'eau

L'effet de l'économie en eau sur le niveau d'efficacité est statistiquement significatif. L'adoption des techniques économes en eau d'irrigation permet d'améliorer l'efficacité économique et allocative des secteurs étudiés. Cependant, l'effet négatif de l'économie d'eau sur l'efficacité technique peut être expliqué par la concurrence entre les cultures ou les activités. Les producteurs ayant des parcelles équipées en goutte à goutte, par exemple, favorisent les cultures pratiquées sur ces parcelles aux dépens des autres cultures conduites en extensif. Cependant, l'économie d'eau permet au niveau global une amélioration du profit.

4.3.2 Effet de la spécialisation

La relation entre la variable spécialisation et niveau d'efficacité montre que les secteurs les plus spécialisés sont les moins efficaces techniquement et économiquement. Ceci peut être expliqué par le risque lié aux conditions climatiques (faible rendement / mauvaise année) et la fluctuation des prix (bonne récolte, exemple la pastèque).

4.3.3 Effet de l'accès aux crédits

L'accès aux crédits a un effet statistiquement significatif sur le niveau d'efficacité. La corrélation positive entre cette variable et le niveau d'efficacité économique et allocative est distinguée. Par contre, l'effet négatif des crédits sur le niveau d'efficacité technique peut être expliqué par le fait que les producteurs ne sont pas dans la voie d'intensification de leur système de production. Nous pouvons citer l'exemple de l'utilisation de l'eau d'irrigation, il s'agit plutôt de l'extension de l'irrigation sur des terres relativement marginalisées que de l'intensification.

4.3.4 Effet du degré d'intégration au marché

La relation entre le niveau d'efficacité et le degré d'intégration au marché est négative. Économiquement, ceci peut être expliqué par les distorsions du prix sur le marché. En outre, les prix sur le marché ne reflètent pas la réalité économique.

4.3.5 Effet de la disponibilité fourragère

La relation entre la disponibilité fourragère et l'efficacité est significative. Elle est positive par rapport à l'efficacité technique et négative par rapport à l'efficacité allocative et économique. Ceci peut être expliqué par la non rentabilité des cultures fourragères sur la zone étant donné le climat. Ce qui explique déjà les transferts importants des foin et des pailles du nord vers le centre tunisien chaque année. L'élevage, en particulier l'élevage ovin et caprin sur la zone d'étude, est considéré encore comme sorte d'épargne et un moyen indispensable pour équilibrer la trésorerie des exploitations en cas de sécheresse, phénomène fréquent sur la zone. En conséquence, sur le bassin de Merguellil, l'effectif du troupeau ovin et caprin est très sensible aux conditions climatiques. Ce qui explique la conduite en extensif de l'élevage ovin et caprin et la réticence des producteurs de la région vis-à-vis de l'élevage bovin (investissement lourd et irréversible).

4.3.6 L'effet du taux d'encadrement, de la taille des exploitations

L'effet du taux d'encadrement sur le niveau d'efficacité est très faible et il est statistiquement non significatif. Enfin, le poids des petites exploitations par rapport au nombre total des exploitations par secteur est corrélé négativement avec le niveau d'efficacité technique et économique. Les exploitations de petite taille ne se permettent pas d'investir, en particulier sur cette zone, dans la construction de puits (principale contrainte limitante). Ceci met en évidence une économie d'échelle dans les secteurs étudiés, et donc l'intérêt majeur d'une politique publique qui limiterait le morcellement au niveau du bassin du essentiellement au phénomène d'héritage.

Ces variables sont des facteurs importants dont l'action gouvernementale doit tenir compte pour améliorer le degré actuel de l'efficacité économique dans le bassin versant de Merguellil.

Suivant cet objectif et à titre d'illustration, nous simulons une politique d'accélération des crédits centrée sur l'attribution des titres fonciers aux propriétaires.

4.4 Politiques d'amélioration du niveau de l'efficacité économique

En admettant que les aménagements hydrauliques en amont sont, d'une part, irréversibles et, d'autre part, ont d'autres objectifs de type environnemental et social ; une mesure d'accompagnement est nécessaire pour réduire les écarts d'inefficacité et améliorer la valorisation globale de l'eau. Ceci peut réduire le conflit entre l'amont et l'aval sur la ressource et donner plus de chance à une gestion de l'eau négociée. Pour cela et dans le but d'améliorer le niveau actuel d'efficacité, les déterminants d'efficacité, ainsi identifiés, peuvent être influencés par la mise en oeuvre de certaines politiques publiques.

Nous étudions la mise en place d'une politique d'accompagnement axée sur l'attribution des titres fonciers aux producteurs. Il s'agit d'une politique foncière qui cherche à améliorer le niveau d'efficacité par secteur, en augmentant les chances des producteurs d'avoir des crédits par l'attribution des titres fonciers qui serviront comme garantie pour la banque. Cette politique est déjà en cours de concrétisation dans toute la Tunisie. A titre d'exemple, sur la délégation de Haffouz, seulement 253 exploitants sur un total de 5045 exploitations disposent d'un titre foncier (Albouchi, 2004). En conséquent, en l'absence de garantie pour la banque, l'accès aux crédits reste difficile voir même impossible pour les exploitations sans titre foncier.

Pour cela, nous étudions une augmentation du nombre des titres fonciers de 20 % et nous supposons que tous les propriétaires de ces titres vont accéder à des crédits. En outre, nous simulons une augmentation de 20 % d'accès aux crédits. Le tableau 8 montre l'impact de cette politique sur le niveau de l'efficacité économique et le coût de production dans les différents secteurs du bassin versant de Merguellil.

Tableau 8. Résultats de la simulation de la politique foncière.

Délégation	Efficacité économique (%)			Coût (1000 dinars)		
	initiale	finale	gain	initial	final	gain
Chbika	65	68	3,5	13831	13341	490
Haffouz	62	65	3,4	5271	5092	179
El Ala	53	56	2,9	3797	3687	109
Hajeb	58	61	3,2	1681	1628	53
Oueslatia	52	55	2,9	2821	2740	81
Kesra	49	52	2,7	331	322	9
Makthar	61	64	3,3	1380	1334	46
Bassin versant de Merguellil				29112	28146	967

Pour un niveau de production donné, l'attribution des titres fonciers permettrait une amélioration du profit, à l'échelle du bassin versant, de l'ordre d'un million de dinars. Soit une amélioration de la valorisation de l'eau, de 0,031 DT/m³.

5 Conclusion et recommandations

Les objectifs de cette étude sont d'évaluer, de comparer, d'expliquer les niveaux d'efficacité technique, d'efficacité allocative et d'efficacité économique et de discuter des possibilités d'accroissement de la valorisation de l'eau dans le bassin versant de Merguellil (Kairouan- Tunisie).

Pour cela, nous avons présenté des mesures des efficacités technique, allocative, et économique pour un échantillon de sept secteurs irrigués dans le bassin versant de Merguellil au cours de la période 1994-2003. Le programme Frontier 4.1 a été utilisé pour estimer une frontière de production stochastique de type Cobb-Douglas puis dériver son correspondant frontière de coût dual. Ces deux frontières constituent la base pour dériver des mesures du niveau d'efficacité des secteurs irrigués au sein du bassin versant.

L'analyse statistique et économétrique de l'efficacité des sous bassins de Merguellil en terme de minimisation du coût, a permis de confirmer l'hypothèse de l'existence d'un différentiel d'efficacité entre les secteurs. L'écart important entre les degrés d'efficacité de ces sous bassins montre qu'il y a d'énormes possibilités d'accroître leur efficacité. Un modèle Tobit a permis de dégager des conclusions.

L'écart entre production observée et production potentielle est à 57 % expliqué par l'inefficacité des producteurs sur des secteurs étudiés. L'efficacité technique par secteur varie entre 64 % et 95 % avec une moyenne de 76 %. Le secteur de Chbika est techniquement le plus efficace. Il valorise donc mieux ses ressources productives, en particulier la ressource en eau d'irrigation. Cependant le secteur d'El Ala est le moins efficace techniquement, celui de Oueslatia le moins efficace allocativement et de Kesra le moins efficace économiquement. Pour un niveau de production donné, les scores d'efficacité économique obtenus montrent que s'il est possible d'annuler ces inefficacités, le profit au niveau du bassin peut croître de plus de 11 millions de dinars, soit 50 % du profit actuel (annexe). L'augmentation possible du profit varie de 0,2 million de dinars sur le secteur de Makthar à environ 5 millions de dinars sur celui de Chbika. La valorisation moyenne du mètre cube d'eau utilisé dans le bassin versant de Merguellil au cours de la période d'analyse augmenterait de 53 % de la valeur actuelle.

L'étude des déterminants de l'efficacité montre que le poids des petites exploitations et de la spécialisation influencent négativement le niveau d'efficacité. En revanche, l'accès au crédit, l'économie d'eau et le taux d'encadrement influencent positivement le niveau d'efficacité. Toutefois, la relation entre l'efficacité et le taux d'encadrement n'a pu être mise en évidence.

Quant aux marges de manœuvre pour améliorer le niveau de l'efficacité économique des secteurs étudiés, elles peuvent à court terme se concentrer sur l'accès aux crédits et à plus long terme sur la limitation du morcellement des terres. Dans ce cadre, nous avons étudié l'impact d'une politique foncière qui consiste à attribuer des titres fonciers à 20 % du total des agriculteurs par secteur pour qu'ils puissent accéder aux crédits bancaires. Cette politique permettrait une amélioration moyenne du

profit global de l'ordre d'un million de dinars sur la période d'analyse (1994-2003). Ce qui permettrait également, une amélioration de la valorisation de l'eau, à l'échelle du bassin versant de 0,031 DT/m³. Face au déséquilibre entre les ressources et les usages qui commence à se prononcer, ces gains d'efficacité sont particulièrement importants.

Pour conclure, l'explication des différences de valorisation de la ressource en eau entre les secteurs peut aider à construire des politiques de gestion de l'eau plutôt orientée par un souci d'efficacité économique ou bien par un souci d'équité. Ainsi, dans un souci de recherche d'une meilleure efficacité, on peut envisager des scénarios de partage de la ressource en eau entre les secteurs selon leur efficacité économique. Mais, en privilégiant l'équité, il serait possible d'agir sur les déterminants de l'efficacité pour réduire les inefficacités et les écarts d'efficacité entre les secteurs.

Références bibliographiques

- Aigner D., Lovell C.K., Schmidt P., 1977. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, 6 (1) : 21–37.
- Albouchi L., 2004. Enquêtes de structure des exploitations agricoles de la zone pilote de la petite agriculture à caractère familial et social (PACFS). Cas de la délégation de Haffouz - Gouvernorat de Kairouan. Document de travail – INAT/IRD. Disponible sur : <http://www.iwmi.cgiar.org/Assessment/FILES/word/ProjectDocuments/Merguellil/Enquetes%20de%20structure%20des%20exploitations%20agricoles%20de%20la%20zone%20de%20HAFFOUZ.pdf>
- Ali M., Flinn J.C., 1989. Profit efficiency among basmati rice producers in Pakistan Punjab. *American Journal of Agricultural Economics*, 71: 303-310.
- Bachta M.S., Chebil A., 2002. Efficacité technique des exploitations céréalières de la plaine du Sers (Tunisie). Série NEW MEDIT: Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment, 1 (2) : 41-45.
- Bauer P.W., 1990. Recent developments in the econometric estimation of frontiers. *Journal of Econometrics*, 46 : 39-56. North-Holland.
- Bravo-Ureta B.E., Pinheiro A.E., 1997. Technical, Economic and Allocative Efficiency in Peasant Farming: Evidence from the Dominican Republic. *Developing Economies* 35: 48-67.
- Bravo-Ureta, B. E. and Rieger L., 1991. Dairy Farm Efficiency Measurement Using Stochastic Frontiers and Neoclassical Duality. *Amer. J. Agr. Econ.* 73: 421-428.
- Chaffai M.E., 1997. Estimation de frontières d'efficience : développements récents. *Revue d'Economie du développement*, 3 : 33-67.
- Coelli T.J., 1996. A Guide to Frontier Version 4.1: A Computer Program for Frontier Production Function Estimation. Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Paper 96/07, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
- Coelli T.J., Prasada Rao D.S., Battese G.E., 1998. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Kluwer Academic Publishers, Boston, 271 p.
- Farrell M.J., 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120 (3): 253-290.
- Kopp Raymond J., Diewert W.E., 1982. The Decomposition of Frontier Cost Functions Deviations into Measures of Technical and Allocative Efficiency. *Journal of Econometrics*, 19 nos. 2/3 : 319–31.
- Kumbhakar S.C., Ghosh S., MacGuckin J.T., 1991. A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in U.S. Dairy Farms. *Journal of Business and Economic Statistics*, 9 : 279-286.
- Kumbhakar S.C., Lovell C.A.K., 2000. *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press.
- Leveque J., Roy W., 2004. Quelles avancées permettent les techniques de frontière dans la mesure de l'efficience des exploitants de transport urbain ? In : XIVe journées du SESAME, 23, 24 et 25 septembre 2004, Pau. 19 p. téléchargeable sur : <http://www.let.fr/fr/annuaire/auteurs/leveque/index.php>
- Murillo-Zamorano L.R., 2004. Economic efficiency and frontier techniques. *Journal of Economic Surveys*, 18 (1) : 33-77.
- Piot-Lepetit I., Rainelli P., 1996. Détermination des marges de manœuvre des élevages à partir de la mesure des inefficacités. INRA, unité d'Economie et sociologie rurales, Rennes, France, *Production animale*, 9 (5) : 367-377.
- Schmidt P., Lovell C.A.K., 1979. Estimating Technical and Allocative Inefficiency Relative to Stochastic Production and Cost Frontiers, *Journal of Econometrics*, 9 : 343-366.

Annexes

Annexe 1.1 : Production moyenne par secteur sur la période 1994-2003 (1000 DT)

Délégations	Chbika		Haffouz		El Ala		Hajeb		Oueslatia		Kesra		Makthar	
Produits	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%	Valeur	%
Blé dur	2 795	11	179	3	226	4	295	15	216	15	614	20	31	9
Orge	588	2	79	1	192	3	145	7	138	10	273	9	14	4
Fève	2 620	10	797	14	37	1	23	1	0	0	2	0	0	0
Pastèque	5 334	20	634	11	24	0	74	4	11	1	8	0	6	2
Melon	1 837	7	117	2	13	0	22	1	9	1	4	0	4	1
Tomate	1 075	4	78	1	9	0	4	0	5	0	3	0	2	1
Piment	4 566	17	169	3	57	1	9	0	12	1	5	0	9	3
Olives à huile	2 373	9	651	11	1 313	22	264	13	82	6	235	8	16	5
Amandiers	1 136	4	411	7	1 272	21	185	9	94	7	0	0	0	0
Abricotiers	386	1	391	7	17	0	3	0	23	2	4	0	0	0
Pommier	303	1	165	3	19	0	18	1	21	1	32	1	2	1
Lait bovin	200	1	69	1	216	4	37	2	6	0	79	3	10	3
Viande bovine	347	1	262	5	547	9	129	6	37	3	222	7	43	13
viande ovine	2 697	10	1 402	25	1 747	29	715	36	539	37	1 154	38	160	48
viande caprine	264	1	319	6	241	4	76	4	251	17	377	13	34	10
Total	26 521	100	5 722	100	5 930	100	1 999	100	1 443	100	3 014	100	332	100

Annexe 1.2 : Evolution des consommations en eau (1000 m³)

Années	Haffouz	Chbika	El Ala	Hajeb	Oueslatia	Kesra	Makthar	Bassin versant
1994	4 614	13 519	206	300	171	135	50	18 994
1995	6 183	14 005	228	318	183	129	63	21 110
1996	5 911	15 635	262	358	204	162	88	22 620
1997	5 071	17 969	310	346	201	157	79	24 133
1998	5 607	28 088	341	360	238	195	90	34 919
1999	8 115	27 919	355	388	217	169	91	37 254
2000	5 445	28 936	421	429	200	221	107	35 759
2001	5 784	32 753	435	427	234	215	98	39 946
2002	6 053	30 116	465	481	254	286	95	37 749
2003	7 328	34 067	530	536	268	279	103	43 111
Moyenne	6 011	24 301	355	394	217	195	86	31 560

Annexe 1.3 : Variation de profit net sur le bassin versant de Merguellil (1000 DT)

Années	Haffouz	Chbika	El Ala	Hajeb	Oueslatia	Kesra	Makthar	Bassin versant
1994	1384	7832	9	138	-35	-124	11	9215
1995	1254	7400	-563	322	201	31	174	8819
1996	1309	9860	-619	476	121	272	60	11479
1997	2295	12646	-144	332	4	22	-2	15153
1998	1647	17319	1699	171	242	523	95	21695
1999	3323	23956	2856	1019	669	1139	21	32983
2000	2757	18263	1033	74	-84	425	64	22533
2001	4681	20819	3325	1018	572	1351	53	31819
2002	4305	23640	2389	753	174	882	15	32158
2003	4894	29992	4412	1397	599	723	-44	41973
Moyen	2785	17173	1440	570	246	524	45	22783

Les valeurs négatives du profit net par secteur indiquent que le résultat de l'année en question ne couvrent pas les charges d'exploitation et la rémunération des facteurs travail familial et terre.

Annexes 2.1 : Evolution des scores de l'efficacité technique par secteur

Années	Chbika	Haffouz	El Ala	Hajeb	Oueslatia	Kesra	Makthar
1994	0,955	0,928	0,603	0,861	0,922	0,897	0,946
1995	0,956	0,930	0,612	0,865	0,924	0,900	0,948
1996	0,958	0,932	0,621	0,868	0,926	0,903	0,949
1997	0,959	0,934	0,630	0,872	0,928	0,906	0,951
1998	0,960	0,936	0,639	0,875	0,930	0,908	0,952
1999	0,961	0,938	0,647	0,879	0,932	0,911	0,954
2000	0,962	0,940	0,656	0,882	0,934	0,913	0,955
2001	0,963	0,941	0,664	0,885	0,936	0,916	0,956
2002	0,964	0,943	0,672	0,889	0,938	0,918	0,957
2003	0,965	0,945	0,680	0,892	0,940	0,920	0,959
Maximale	0,965	0,945	0,680	0,892	0,940	0,920	0,959
Minimale	0,955	0,928	0,603	0,861	0,922	0,897	0,946
Moyenne	0,960	0,937	0,642	0,877	0,931	0,909	0,953

Annexes 2.2 : Evolution des scores de l'efficacité allocative par secteur

Années	Chbika	Haffouz	El Ala	Hajeb	Oueslatia	Kesra	Makthar
1994	0,672	0,655	0,818	0,615	0,522	0,480	0,606
1995	0,695	0,644	0,680	0,614	0,542	0,497	0,611
1996	0,695	0,668	0,837	0,622	0,550	0,523	0,644
1997	0,697	0,641	0,615	0,622	0,542	0,527	0,636
1998	0,673	0,680	0,838	0,686	0,571	0,535	0,662
1999	0,682	0,638	0,859	0,670	0,564	0,540	0,664
2000	0,665	0,679	0,940	0,714	0,586	0,556	0,665
2001	0,661	0,675	0,858	0,681	0,577	0,562	0,656
2002	0,649	0,677	0,891	0,698	0,595	0,576	0,667
2003	0,653	0,679	0,853	0,695	0,591	0,597	0,675
Maximale	0,697	0,680	0,940	0,714	0,595	0,597	0,675
Minimale	0,649	0,638	0,615	0,614	0,522	0,480	0,606
Moyenne	0,674	0,664	0,819	0,662	0,564	0,539	0,649

Annexes 2.3 : Evolution des scores de l'efficacité économique par secteur

Années	Chbika	Haffouz	El Ala	Hajeb	Oueslatia	Kesra	Makthar
1994	0,642	0,608	0,494	0,530	0,481	0,430	0,574
1995	0,664	0,599	0,416	0,531	0,501	0,448	0,579
1996	0,665	0,623	0,520	0,540	0,509	0,472	0,611
1997	0,669	0,599	0,388	0,543	0,503	0,477	0,605
1998	0,646	0,637	0,535	0,601	0,531	0,486	0,630
1999	0,655	0,599	0,556	0,589	0,526	0,492	0,633
2000	0,640	0,638	0,616	0,630	0,547	0,507	0,635
2001	0,637	0,636	0,569	0,603	0,540	0,515	0,627
2002	0,626	0,639	0,598	0,621	0,558	0,529	0,639
2003	0,630	0,641	0,579	0,620	0,555	0,550	0,647
Maximale	0,669	0,641	0,616	0,630	0,558	0,550	0,647
Minimale	0,626	0,599	0,388	0,530	0,481	0,430	0,574
Moyenne	0,647	0,622	0,527	0,581	0,525	0,491	0,618